
ASIGNACIÓN DE MODELOS DE MANTENIMIENTO BASADA EN LA CRITICIDAD Y DISPONIBILIDAD DEL EQUIPO

*Assignment of maintenance model based on criticality and availability
of the equipment*

*Atribuição do modelo de manutenção com base na crítica e
disponibilidade do equipamento*

Marcelo Flores¹ , Deyaneira Medina¹ , Diana Vargas¹  & Byron Remache-
Vinueza¹ 

¹Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la información y la comunicación.
Universidad Tecnológica Indoamérica. Quito-Ecuador. Correo:

marc1998flores@hotmail.com, deyaneiram11@gmail.com,
dianavargas3a@gmail.com, byronremache@uti.edu.ec

Fecha de recepción: 12 de agosto de 2020

Fecha de aceptación: 30 de octubre de 2020.

RESUMEN

INTRODUCCIÓN. El análisis de criticidad mediante una matriz de criterios permite establecer la jerarquía de equipos de una planta, mientras que, el cálculo del indicador de disponibilidad muestra el porcentaje de tiempo durante el cual un equipo se encuentra apto para su uso y operativo. **OBJETIVO.** Desarrollar una herramienta en Excel utilizando criterios de disponibilidad y criticidad de los equipos para la asignación de modelos de mantenimiento. **MÉTODO.** Esta investigación es de carácter mixto, cualitativa y cuantitativa, utilizando como herramienta el software “Microsoft Excel”, que se configura mediante funciones matemáticas y lógicas para determinar el modelo de mantenimiento. **RESULTADOS.** Como resultado y aplicación de esta investigación se obtuvo una disponibilidad del 95.51% en el equipo, considerando cada variable para su cálculo. **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.** Con este proyecto se demuestra que es posible gestionar el mantenimiento utilizando herramientas de bajo costo como Excel. La herramienta desarrollada en esta investigación significa un aporte sustancial en el proceso de mejora continua y gestión integral del mantenimiento.

Palabras claves: criticidad, equipos, indicador de disponibilidad, mantenimiento.



Flores, Medina, Vargas & Remache. Asignación del modelos de mantenimiento
basado en la criticidad y disponibilidad del equipo.
Número Especial “IV Encuentro Internacional Ciencia, Tecnología e Innovación
Indoamérica 2020”.
Julio – Diciembre de 2020



<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i4.340>

ABSTRACT

INTRODUCTION. Criticality analysis using a criteria matrix allows establishing the hierarchy of equipment in a plant, while the calculation of the availability indicator shows the percentage of time during which an equipment is fit for use and operational. **OBJECTIVE.** To develop a tool in Excel using criteria of availability and criticality of the equipment for the assignment of maintenance models. **METHOD.** This research is of a mixed, qualitative and quantitative nature, using "Microsoft Excel" software as a tool, which is configured by means of mathematical and logical functions to determine the maintenance model. **RESULTS.** As a result and application of this research, an availability of 95.51% was obtained in the equipment, considering each variable for its calculation. **DISCUSSION AND CONCLUSIONS.** This project demonstrates that it is possible to manage maintenance using low-cost tools such as Excel. The tool developed in this research means a substantial contribution in the process of continuous improvement and comprehensive maintenance management.

Keywords: availability indicator, criticality, equipment, maintenance.

RESUMO

INTRODUÇÃO. A análise de criticidade por meio de uma matriz de critérios permite estabelecer a hierarquia dos equipamentos de uma planta, enquanto o cálculo do indicador de disponibilidade mostra a porcentagem de tempo em que um equipamento está apto para uso e operacional. **OBJETIVO.** Desenvolver uma ferramenta em Excel utilizando critérios de disponibilidade e criticidade dos equipamentos para atribuição de modelos de manutenção. **MÉTODO.** Esta pesquisa é de natureza mista, qualitativa e quantitativa, tendo como ferramenta o software "Microsoft Excel", que se configura por meio de funções matemáticas e lógicas para determinar o modelo de manutenção. **RESULTADOS.** Como resultado e aplicação desta pesquisa, obteve-se uma disponibilidade de 95,51% no equipamento, considerando cada variável para seu cálculo. **DISCUSSÃO E CONCLUSÕES.** Este projeto demonstra que é possível gerenciar a manutenção utilizando ferramentas de baixo custo como o Excel. A ferramenta desenvolvida nesta pesquisa significa uma contribuição substancial no processo de melhoria contínua e gestão integral da manutenção.

Palavras-chave: criticidade, equipamento, indicador de disponibilidade, manutenção.

INTRODUCCIÓN

La asignación de modelos de mantenimiento para equipos, se realiza teniendo en cuenta parámetros como criticidad y disponibilidad [1]. La criticidad consiste en jerarquizar los equipos que tienen mayor influencia en la operatividad de la organización [2]. Existen 3 tipos de equipos, desde los más influyentes: críticos, importantes y prescindibles [3]. Por otro lado, la disponibilidad es el porcentaje de tiempo que un equipo se encuentra apto para su operatividad dentro de un proceso. En la actualidad existen empresas que no planifican el mantenimiento o simplemente practican el mantenimiento correctivo. Por esta razón, no se asignan modelos de mantenimiento basados en el análisis de criticidad y disponibilidad. Un modelo de mantenimiento es una combinación de varios tipos de mantenimiento. En [4], los investigadores usaron una matriz de riesgo para determinar la criticidad calculando el producto de la probabilidad de falla, por la consecuencia de la falla. Para la estimación de las consecuencias se determinaron parámetros con un sistema de calificación. De igual manera en [5] se describe una guía de los tipos de mantenimiento para equipos de mayor criticidad. La investigación tiene como finalidad disminuir el número de reparaciones y alargar la vida útil de los equipos. En [6], los investigadores



Compartir

Flores, Medina, Vargas & Remache. Asignación del modelos de mantenimiento basado en la criticidad y disponibilidad del equipo.
Número Especial "IV Encuentro Internacional Ciencia, Tecnología e Innovación Indoamérica 2020".

Julio – Diciembre de 2020

<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i4.340>



Compartir

implementaron el mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de las máquinas. Sin embargo, designar modelos de mantenimiento es un proceso tedioso. En la presente investigación se utilizó una hoja de cálculo (Excel), para determinar las variables que intervienen en la asignación de modelos de mantenimiento.

MÉTODO

El flujograma para la asignación de modelos de mantenimiento se ha desarrollado en base a [7] y se presenta en la Figura 1. El modelo empieza con una decisión basada en la criticidad del equipo.

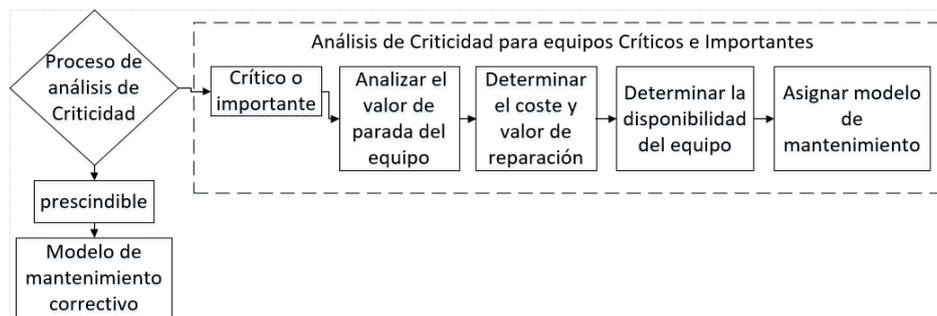


Figura. 1 Flujograma del proceso

Instrumentos

En este proyecto se utiliza la herramienta Excel para facilitar el proceso de asignación de modelos de mantenimiento presentado en el flujograma de la Figura 1.

Procedimiento

Para obtener el nivel de criticidad se tomaron en cuenta 5 parámetros importantes, considerando la importancia de cada parámetro se dio una valoración como se muestra en la Tabla 1. Una vez realizado el análisis de frecuencias de fallas y consecuencias, se debe calcular la consecuencia (Ecuación 1) y la criticidad total (Ecuación 2).

$$\text{CONSECUENCIA} = (\text{Impacto operacional* flexibilidad}) + \text{Costo de mantenimiento} + \text{Impacto SAH} \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$\text{CRITICIDAD TOTAL} = \text{Frecuencia} * \text{Consecuencia} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Estas ecuaciones se ingresan en una hoja de cálculo de Excel de manera que los resultados que se van obteniendo se reflejan en la Figura 2. Dependiendo de la relación Frecuencia-Consecuencia, [5].

Para obtener el nivel de criticidad se tomaron en cuenta 5 parámetros: frecuencia de falla, impacto operacional, flexibilidad operacional, costo de mantenimiento e impacto en la seguridad ambiental y Humana (SAH) [8]. Considerando la importancia de cada parámetro se dio una valoración del 1 al 10 como se muestra en la Tabla 1.



Figura. 2 Matriz de criticidad desarrollada en el software Excel

Si se tiene un equipo prescindible, se le asignará un modelo de mantenimiento correctivo [9], sin embargo, si el equipo resulta ser crítico o importante el proceso a seguir es:

1. Analizar el valor de parada del equipo: cantidad económica que estaría asumiendo la organización en caso de existir algún daño o afectación.
2. Determinar el coste y valor de reparación: presupuesto planificado para cubrir costos de mantenimiento y daños que desvalorizan el equipo.
3. Determinar la disponibilidad del equipo: cantidad de tiempo que un equipo se encuentra funcional en un periodo de tiempo establecido (Ecuación 3) [5].

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas de mantenimiento}}{\text{Horas totales}} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Tabla 1. Criterios para determinar la criticidad

| Criterios para determinar la "Criticidad" | | Cuantificación |
|---|--|----------------|
| FRECUENCIA DE FALLA | | |
| 1 | Mayor a 4 fallas/mes | 4 |
| 2 | 2-4 fallas/ mes | 3 |
| 3 | 1-2 fallas/mes | 2 |
| 4 | Mínimo 1 falla/mes | 1 |
| IMPACTO OPERACIONAL | | |
| 1 | Paro total del proceso productivo (no es recuperable) | 10 |
| 2 | Detiene la producción, pero es recuperable | 6 |
| 3 | No genera ningún efecto o impacto en la producción | 2 |
| FLEXIBILIDAD OPERACIONAL | | |
| 1 | No existe opción de producción, no se recupera | 5 |
| 2 | Se puede producir con capacidad mínima / contratación externa | 4 |
| 3 | Existen repuestos en bodega disponibles | 2 |
| COSTO DE MANTENIMIENTO | | |
| 1 | Alto costo de mantenimiento | 3 |
| 2 | Costo medio de mantenimiento | 2 |
| 3 | Costo bajo de mantenimiento | 1 |
| IMPACTO EN LA SEGURIDAD AMBIENTAL Y HUMANA | | |
| 1 | Afecta al medio ambiente, accidentes muy graves | 8 |
| 2 | Afecta al medio ambiente, accidentes graves posibilidad remota | 6 |
| 3 | Poca influencia en la seguridad y medio ambiente | 4 |



RESULTADOS

Como resultado se obtuvo una hoja de cálculo intuitiva y fácil de usar, en la que se implementó el modelo expuesto. En la Tabla 2, se muestra la tabla en la que se ingresan los costos que se generan debido al mantenimiento.

Tabla 2. Datos informativos de costos requeridos en la hoja de cálculo desarrollada en Excel.

| | |
|---|------|
| Presupuesto general: | 5000 |
| Valor de parada de producción: | 2000 |
| Presupuesto para reparación: | 2000 |
| Costo de reparación (materiales y mano de obra): | 2300 |

En la Tabla 3 se muestra la sección en la que se ingresan los valores de los criterios analizados de la criticidad.

En la Tabla 4 se observa la tabla en la que se ingresa el tiempo de operación del equipo, para calcular el indicador de disponibilidad, el cual nos indica la cantidad de tiempo que un equipo se encuentra funcional en un periodo de tiempo establecido en porcentaje.

Tabla 3. Valores de criterios analizados para la determinación de la criticidad del equipo en el software Excel

| CONSECUENCIA | | | | | | |
|---------------------|--------------|---------------------|-------------|------------|--------------|-------|
| Impacto operacional | Flexibilidad | Costo mantenimiento | Impacto SAH | Frecuencia | Consecuencia | Total |
| 6 | 4 | 2 | 6 | 2 | 32 | 64 |

Tabla 4. Datos informativos de tiempo para el cálculo del indicador de disponibilidad

| | |
|---|--------|
| Tiempo total Disponible (horas): | 1248 |
| Horas de parada por mantenimiento: | 56 |
| Disponibilidad: | 95.51% |

Como se puede evidenciar la disponibilidad del equipo sera de 95.51%, significa que la máquina estara disponible la mayor parte del tiempo. Por último, en la Tabla 5 se muestra la asignación de modelo de mantenimiento.

Tabla 5: Tabla de resultados de criticidad, disponibilidad y modelo de mantenimiento

| | |
|---------------------------------|-------------------------------|
| Nombre del equipo: | SPEEDMASTER 5 COLORES |
| Criticidad del equipo: | Crítico |
| Valor del presupuesto: | 5000 |
| Valor de parada: | 2000 |
| Valor de reparación: | 2000 |
| Comentario: | Revisar coste de reparación |
| Coste de reparación: | 2300 |
| Tipo de mantenimiento: | Modelo programado |
| Disponibilidad (%): | 95.51% |
| Modelo de mantenimiento: | Modelo de alta disponibilidad |



DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En este proyecto se definió un algoritmo para la asignación de modelos de mantenimiento por medio del análisis de criticidad y disponibilidad de equipos. Se implementó una hoja de cálculo de Excel para facilitar el proceso y reducir los errores. La disponibilidad es un indicador determinante ya que muestra el tiempo útil del equipo para producir. El análisis de criticidad de un equipo debe basarse en criterios importantes como frecuencia de falla, impacto operacional, flexibilidad operacional, costo de mantenimiento e impacto en la seguridad ambiental y Humana (SAH). Si se cuenta con la información adecuada, el cálculo del indicador en Excel es sencillo, sin embargo, cuando se trabaja con equipos dispuestos en líneas de producción o talleres, la hoja de cálculo hace de este proceso más eficiente. En trabajos futuros se pueden adicionar módulos que permitan controlar la evolución del indicador de disponibilidad y otros indicadores para optimizar el proceso de asignación de modelos de mantenimiento.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Para desarrollar la presente investigación no se necesitó de un financiamiento.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores no declaran un conflicto de interés al desarrollar la investigación.

APORTE DEL ARTÍCULO EN LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Este artículo aporta en las áreas de Mantenimiento, calidad y procesos de producción, al generar una herramienta informática funcional, intuitiva y fácil de implementar, para la asignación de modelos de mantenimiento.

DECLARACIÓN DE CONTRIBUCIÓN DE CADA AUTOR

Los autores declaran que han contribuido de manera igualitaria tanto en el desarrollo del proyecto como en la escritura del artículo científico.

REFERENCIAS

- [1] J. Diestra Quevedo, L. Esquiviel Paredes, and R. Guevara Chinchayan, "Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para optimizar la disponibilidad operacional de la máquina con mayor criticidad," *Repos. Inst. - UCV*, vol. 4, no. 1, 2017.
- [2] Omar Campos-López, Guilibaldo Tolentino-Eslava, Miguel Toledo-Velázquez, and René Tolentino-Eslava, "Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, bases de datos y criticidad de efectos," México D.F, Nov. 2019.
- [3] Loya Ñato Darío Rolando, "Diseño de un plan de mantenimiento predictivo para el área de abastecimiento corte térmico de la empresa," 2020.
- [4] Andrés Robalino-López Valentina Ramos Antonio Franco Xavier Unda, "Diseño de un modelo-herramienta para la medición de la innovación en la industria ecuatoriana," *Cienciamerica*, vol. 6, Aug. 2017, Accessed: Sep. 23, 2020. [Online]. Available: <http://cienciamerica.uti.edu.ec/openjournal/index.php/uti/article/view/97/83>.



- [5] Br. Encina Ruiz Franklin, “Plan de mantenimiento basado en criticidad para aumentar la disponibilidad de equipos área de producción de conservas de pimienta en la empresa danper trujillo s.a.c.,” Trujillo, 2019.
- [6] Santiago Ramírez-Sáenz de Viteri and Carlos Puentes, “Dimensiones de análisis organizacional: Caso en la industria de Energía en Ecuador,” *CienciaAmérica*, vol. 8, May 2019, Accessed: Sep. 23, 2020. [Online]. Available: <http://cienciamerica.uti.edu.ec/openjournal/index.php/uti/article/view/224/303>.
- [7] S. G. Garrido, *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid, 2003.
- [8] Alvaro Pésantez H. and Ing. Rodrigo Sarzosa C., “Elaboración de un Plan de Mantenimiento Predictivo y Preventivo en Función de la Criticidad de los Equipos del Proceso Productivo de una Empresa Empacadora de Camarón,” Guayaquil, 2016.
- [9] D. René TASÉ-VELÁZQUEZ, C. Roberto CAMELLO-LIMA, and L. Hernández-mastrapa, “Modelo para la gestión del mantenimiento de un sistema de fabricación híbrido con base en políticas corporativas y de producción.,” Sao Pablo, Jun. 2019.

NOTA BIOGRÁFICA



Marcelo Flores. **ORCID iD**  <https://orcid.org/0000-0002-8676-4102>. Es un estudiante de la Universidad Tecnológica Indoamérica, de la Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y la Comunicación (FITIC), en la carrera de Ingeniería Industrial en Octavo semestre.



Deyaneira Medina. **ORCID iD**  <https://orcid.org/0000-0001-9212-443>. Es una estudiante de la Universidad Tecnológica Indoamérica, de la Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y la Comunicación (FITIC), en la carrera de Ingeniería Industrial en Octavo semestre.



Diana Vargas. **ORCID iD**  <https://orcid.org/0000-0003-3083-6266>. Es una estudiante de la Universidad Tecnológica Indoamérica, de la Facultad de Ingeniería y Tecnologías



de la Información y la Comunicación (FITIC), en la carrera de Ingeniería Industrial en Octavo semestre.



Byron Remache-Vinueza. **ORCID iD**  <https://orcid.org/0000-0003-1656-7821>
Obtuvo su título de Ingeniero Mecánico en 2011 de la Escuela Politécnica Nacional - Ecuador, tiene una maestría en Sistemas Energéticos por la Universidad de Melbourne - Australia. Su línea de investigación es en mecatrónica. Actualmente es investigador/docente en la Universidad Indoamérica, de la ciudad Quito – Ecuador.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

